

OPTIMASI SERAT KENAF SEBAGAI *FILLER* BIOKOMPOSIT DENGAN ADITIF SERBUK DAUN TEMBAKAU PADA APLIKASI PAPAN GIPSUM PLAFON

V. Fauziah*, S. Nikmatin, A. D. Husin

Departemen Fisika, Institut Pertanian Bogor, Bogor Indonesia

*email: fauziahvina23@gmail.com

ABSTRACT

Synthesis and characterization of biocomposite gypsum board ceiling based on kenaf fiber has been performed compression molding method with variation of woven and uniform filler. The optimum fiber concentration on the fiber are woven with 10 % kenaf fiber, 88 % matrixes gypsum, 1 % PVA (Polivinil Alcohol) and tobacco. The test resulted that the hardness and impact mechanical of the resulted product was higher than the commercial gypsum. The highest absorption of gypsum board is 25 % owned by fiber glass composite, on biocomposite with addition of tobacco is 21 % and the lowest is 13 % on biocomposite without addition of tobacco. The highest value on thickness development is 1.85 % owned by fiber glass composite. On biocomposite with addition of tobacco is 1.73 % and the lowest is 0.4 % on biocomposite without addition of tobacco. Density of biocomposite is 1.6 g cm^{-3} , whereas density of fiber glass composite is 1.98 g cm^{-3} . The test result showed that the kenaf's fiber and tobacco leaf powder is reliable to use as the filling material for the the gypsum plafon.

Keywords : biocomposite, absorption, kenaf fiber, mechanical properties.

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis dan karakterisasi biokomposit papan gipsium plafon berbasis serat kenaf menggunakan metode cetak tekan dengan variasi filler anyaman dan searah. Konsentrasi fiber optimum terdapat pada filler anyaman dengan serat kenaf 10%, matriks gipsium 88%, PVA (Polivinil Alkohol) dan tembakau 1%. Hasil pengujian mekanik kekerasan dan impact yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan papan gipsium komersial. Daya serap papan gipsium tertinggi terdapat pada komposit fiber glass sebesar 25%, sedangkan pada biokomposit dengan penambahan tembakau sebesar 21% dan terendah pada biokomposit tanpa penambahan tembakau sebesar 13%. Pengembangan tebal nilai tertinggi terdapat pada komposit fiber glass sebesar 1.85%, sedangkan biokomposit dengan penambahan tembakau sebesar 1.73% dan nilai terendah terdapat pada biokomposit tanpa penambahan tembakau sebesar 0.4%. Densitas pada biokomposit sebesar 1.6 g cm^{-3} , sedangkan pada komposit fiber glass sebesar 1.98 g cm^{-3} . Dari

hasil pengujian menunjukkan bahwa serat kenaf dan serbuk daun tembakau layak digunakan sebagai pengisi papan gipsium plafon.

Kata kunci: biokomposit, daya serap, serat kenaf, sifat mekanik

PENDAHULUAN

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) merupakan tanaman yang mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Kenaf terdiri dari serat bagian luar yang terdapat pada kulit sebesar 35 % berat kering tangkai dan bagian dalam berupa inti sebesar 65 % berat kering tangkai.³ Keunggulan tanaman kenaf adalah pertumbuhan tanaman kenaf lebih cepat dibandingkan dengan tanaman penghasil serat lainnya, seperti bambu dan rotan, dengan pertumbuhan optimal 60 – 80 hari dalam keadaan normal, mampu beradaptasi di berbagai lingkungan, gangguan hama dan penyakit sedikit, biaya produksi murah, dan mudah terdegradasi.⁴ Ditinjau dari sifat morfologi dan komposisi kimia batang kenaf memiliki kandungan serat meliputi selulosa 76.47 %, lignin 2.39 %, dan hemiselulosa 9.43 %.

Penggunaan serat kenaf sebagai bahan baku papan gipsium merupakan salah satu cara untuk memanfaatkan tanaman serat yang penggunaannya masih terbatas untuk produksi karung goni di Indonesia karena mempunyai kandungan selulosa yang besar dan ketersediaannya pun melimpah. Penelitian kenaf yang merupakan serat alam non kayu sebagai bahan penguat polimer telah banyak diteliti salah satunya pada papan gipsium. Inovasi lain dari penggunaan serat kenaf sebagai *filler* komposit papan gipsium yaitu menambahkan zat aditif serbuk daun tembakau dan perekat polivinil alkohol (PVA) dengan metode cetak tekan dan murah. Serat kenaf yang disusun dengan orientasi searah dan anyaman dapat meningkatkan kualitas sifat mekanik biokomposit gipsium yang saat ini sudah dikembangkan. Penambahan zat aditif serbuk daun tembakau dengan perekat PVA dapat mengurangi pelapukan sehingga umur (massa) pakai menjadi lebih baik karena pada kandungan tembakau terdapat zat-zat kimia alam yang dapat digunakan sebagai bahan insektisida dan bahan anti jamur.⁷ Selain itu bahan perekat polivinil alkohol (PVA) merupakan pelarut cepat, kuat dan fleksibel, memiliki titik lebur 230 °C dan pada suhu 180 °C – 190 °C akan terhidrolisis sempurna atau sebagian.⁸ Inovasi tersebut diharapkan dapat menghasilkan produk baru gipsium dan dapat diaplikasikan untuk produksi skala kecil (*homeindustry*).

EKSPERIMENTAL

Persiapan bahan dan sintesa biokomposit

Sebagai bahan aditif papan gipsium digunakan daun tembakau untuk mengurangi pelapukan (jamur) setelah pemakaian papan

gypsum dari kurun waktu tertentu. Daun tembakau ini *dimilling* untuk mendapatkan hasil berupa ukuran partikel (serbuk). Sebagai langkah awal daun tembakau dikeringkan dengan oven *blower* dengan suhu 50 °C selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pengeringan dan mengaktifkan zat-zat yang terkandung di dalam tembakau menggunakan alat *furnance* dengan pemanasan rendah pada suhu 200 °C.

Papan gypsum plafon yang akan dibuat berukuran 25 cm x 8 cm x 4 mm. Metode pembuatan papan gypsum plafon dimulai dari tepung gypsum, serbuk daun tembakau, dan PVA dicampur dengan menggunakan *rotary blender* sampai kalis agar bahan-bahan tersebut homogen. Kemudian masukkan campuran adonan tepung gypsum, serbuk daun tembakau, dan PVA yang sudah dilakukan *milling* ke dalam cetakan. Kemudian susun batang kenaf dengan 2 variasi yaitu dengan orientasi searah dan anyaman. Setelah itu tambahkan kembali adonan tepung gypsum, serbuk daun tembakau, dan PVA. Sehingga jumlah keseluruhan papan gypsum plafon yang dibuat sebanyak 10 lembar. Tutup dengan lembaran seng. Kemudian beri tekanan dengan beban 3 kg yang terbuat dari semen.

Setelah gypsum terbentuk kemudian dikeringkan menggunakan oven *blower* pada suhu 50 °C selanjutnya dikondisikan kembali pada suhu ruangan selama 3 hari sebelum dipotong menjadi contoh uji untuk pengujian sesuai standar.

Pengambilan data disesuaikan dengan Tabel 1 dan masing-masing sampel dilakukan pengulangan data sebanyak 3 kali pengulangan. Untuk mendapatkan konsentrasi yang sesuai dengan cetakan biokomposit dilakukan pengukuran massa jenis terhadap sampel masing-masing komponen sehingga didapatkan massa total yang digunakan.

Tabel 1 Komposisi matriks dan *filler* pada sintesa biokomposit

Sampel	PVA	Tembakau	Kenaf	Matriks (gypsum)
1	1 %	1 %	5 %	93 %
2	1 %	1 %	10 %	88 %
3	1 %	1 %	15 %	83 %
4	1 %	1 %	20 %	78 %
5	1 %	1 %	25 %	73 %

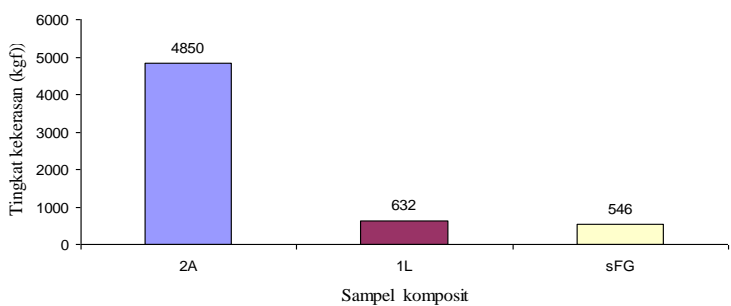
Karakterisasi papan gypsum plafon

Karakterisasi sifat fisis dan mekanik papan gypsum plafon meliputi karakterisasi kekerasan, *impact*, SEM/EDS, FTIR, massa jenis, penyerapan air, dan pengembangan tebal. Hasil sifat mekanik yang terbaik pada sampel dilakukan karakterisasi terhadap SEM/EDS, FTIR, massa jenis, penyerapan air, dan pengembangan tebal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan terhadap sampel dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian kekerasan digunakan untuk ketahanan material terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Kekerasan suatu material ditentukan oleh luas area dan kedalaman idensitas yang dihasilkan.



Gambar 1 Hubungan antara tingkat kekerasan (kgf) terhadap sampel komposit.



Gambar 2 Hasil pengujian kekerasan

Tabel 2 Hasil uji kekerasan

Sampel	Anyaman	Long	Fiber glass
1	417 kgf	632 kgf	546 kgf
2	4850 kgf	114.7 kgf	-
3	257 kgf	103.7 kgf	-
4	271.4 kgf	112.7 kgf	-
5	1241.2 kgf	226.3 kgf	-

Sampel FG merupakan komposit papan gipsium yang ada di pasaran dengan menggunakan *filler fiber glass* digunakan sebagai pembanding terhadap sampel biokomposit serat kenaf dengan nilai 546 kgf. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa sampel 2 pada variasi anyaman (2A) memiliki nilai kekerasan yang terbaik dengan nilai 4850

kgf dengan filler serat kenaf 10 %, matriks gipsum 88 %, PVA dan tembakau 1 %. Sampel pada variasi searah (long) memiliki nilai uji kekerasan tertinggi sebesar 631.15 kgf pada sampel 1 (1L) dengan filler serat kenaf 5 %, matriks gipsum 93 %, PVA dan tembakau 1 %. Kekerasan dipengaruhi oleh ketebalan dari setiap sampel. Sampel 2A memiliki homogenitas yang tinggi antara filler dan matrik sehingga hasilnya memiliki nilai yang terbaik dibandingkan dengan sampel yang lainnya. Semakin homogen atau tercampurnya suatu material semakin meningkat sifat makroskopik dari material. PVA berfungsi sebagai perekat dalam material yang diteliti. Perekat ini berfungsi sebagai pengikat antara filler dengan matriks dengan adanya suatu ikatan antarmuka yaitu ikatan mekanik. Dari hasil kekerasan yang telah didapatkan sampel 2A dengan serat kenaf memiliki kualitas kekuatan *hardness* yang lebih baik dibandingkan dengan serat sintetis yang ada di pasaran.

Charpy Impact

Hasil *charpy impact* dengan ISO 179 terhadap sampel dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4. Harga rata-rata kekuatan *charpy impact* tertinggi pada sampel dengan variasi anyaman (3A) sebesar 6.568 kJ m⁻² dan harga rata-rata energi terserap adalah sebesar 0.456 J. Sedangkan hasil *charpy impact* tertinggi pada sampel dengan variasi searah (4L) dengan harga rata-rata kekuatan *charpy impact* adalah sebesar 11.345 kJ m⁻² dan harga rata-rata energi terserap adalah sebesar 0.822J. Energi yang diserap oleh sampel untuk terjadinya perpatahan pada ketahanan tumbukan sesaat sampel 3A lebih kecil dibandingkan dengan sampel 4L. Komposit dengan serat *fiber glass* digunakan sebagai komposit pembanding kualitas *charpy impact* biokomposit. Kekuatan *charpy impact* komposit tersebut adalah sebesar 3.875 kJ m⁻².

Tabel 3 Hasil *charpy impact* sampel dengan variasi anyaman

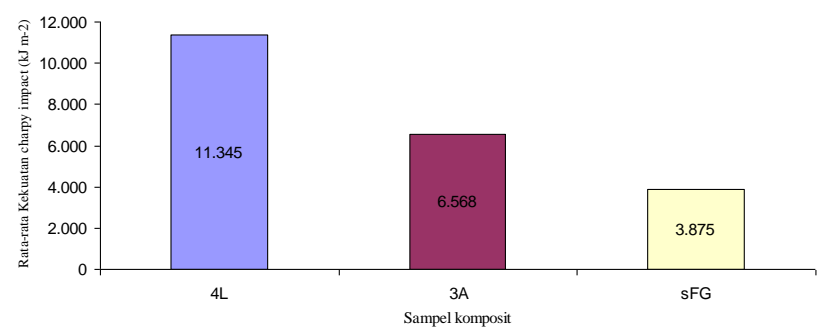
Sampel	Rata-rata Kekuatan <i>charpy impact</i> (kJ m ⁻²)	Energi Terserap (J)
1	5.175	0.396
2	6.010	0.456
3	6.568	0.492
4	5.825	0.410
5	3.674	0.265

Jelas terlihat pada Gambar 1 bahwa terdapat perbedaan antara sampel 3A dan 4L. Hal ini terjadi karena kekuatan biokomposit yang kurang merata di setiap tempat oleh distribusi serat yang kurang merata, sehingga energi yang diserap menjadi lebih kecil. Luasan daerah tumbukan juga mempengaruhi yaitu semakin luas daerah tumbukan maka semakin kecil pula harga tumbukan biokomposit tersebut. Selain itu dapat dipengaruhi juga oleh fraksi volume dan

ketebalan specimen, semakin tebal dan meningkatnya fraksi volume maka harga energi serapnya meningkat.

Tabel 4 Hasil *charpy impact* sampel dengan variasi searah

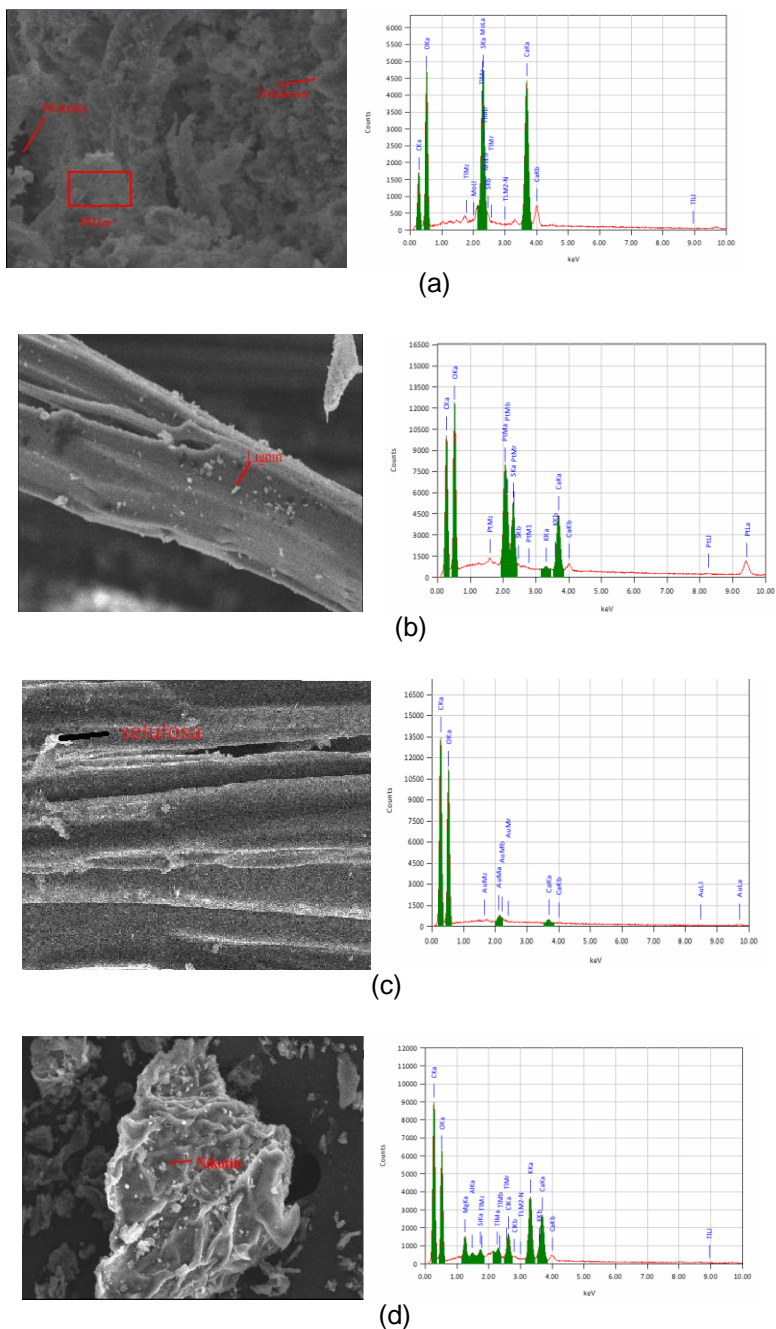
Sampel	Rata-rata Kekuatan <i>charpy impact</i> (kJ m ⁻²)	Energi Terserap (J)
1	9.009	0.594
2	6.631	0.500
3	5.141	0.424
4	11.345	0.822
5	6.619	0.397



Gambar 4 Hubungan antara rata-rata *charpy impact* (kJ m⁻²) terhadap sampel komposit.



Gambar 5 Hasil pengujian *charpy impact*



SEM/EDS

Pada sampel 2A memiliki tingkat homogenitas yang baik antara tepung gipsum, serbuk daun tembakau, dan PVA tetapi dari matriks tersebut tidak merekat sempurna dengan *filler* serat kenaf begitu juga dengan sampel 4L dapat dilihat pada gambar 6 (a) dan (b). Hal ini disebabkan kurangnya pemberian tekanan terhadap sampel sehingga masih terdapat rongga-rongga udara pada sampel dan luas permukaan partikel yang tidak tertutupi merata oleh perekat. Dari morfologi permukaan cuplikan dengan perbesaran 500 X terlihat selulosa ($C_6H_{10}O_5$) membentuk potongan-potongan jaringan serat yang memanjang, kontinu, dan saling menumpuk atau terikat menjadi bentuk serat yang kuat, memiliki rantai monomer panjang serta banyak mengandung mineral-mineral alam yang bersumber pada nutrisi tanah yang dapat mengalami proses pelapukan/degradasi karena faktor lingkungan. Tersusun atas selulosa dan lignin yng saling menumpuk dn terikat antara satu dengan yang lain.

Tabel 5 menunjukkan nilai EDS dari biokomposit variasi anyaman (2A)

Element	(keV)	mass %	atom %
C K	0.277	18.67	29.23
O K	0.525	50.82	59.75
S K	2.307	5.65	3.32
Ca K	3.690	12.37	5.80
Mo L	2.293	7.15	1.40

Tabel 6 menunjukkan nilai EDS dari biokomposit variasi searah (4L)

Element	(keV)	mass %	atom %
C K	0.277	31.82	46.56
O K	0.525	43.74	48.05
S K	2.307	3.55	1.95
K K	3.312	0.24	0.11
Ca K	3.690	4.23	1.86

Tabel 7 menunjukkan nilai EDS dari serat kenaf

Element	(keV)	mass %	atom %
C K	0.277	42.03	49.79
O K	0.525	56.21	49.98
Ca K	3.690	0.37	0.13

Tabel 8 menunjukkan nilai EDS dari tembakau

Element	(keV)	mass %	atom %
C K	0.277	38.45	49.56
O K	0.525	45.57	44.09
Mg K	1.253	1.72	1.10
Al K	1.486	0.26	0.15
Si K	1.739	0.40	0.22
Cl K	2.621	1.77	0.77
K K	3.312	5.68	2.25
Ca K	3.690	4.51	1.74

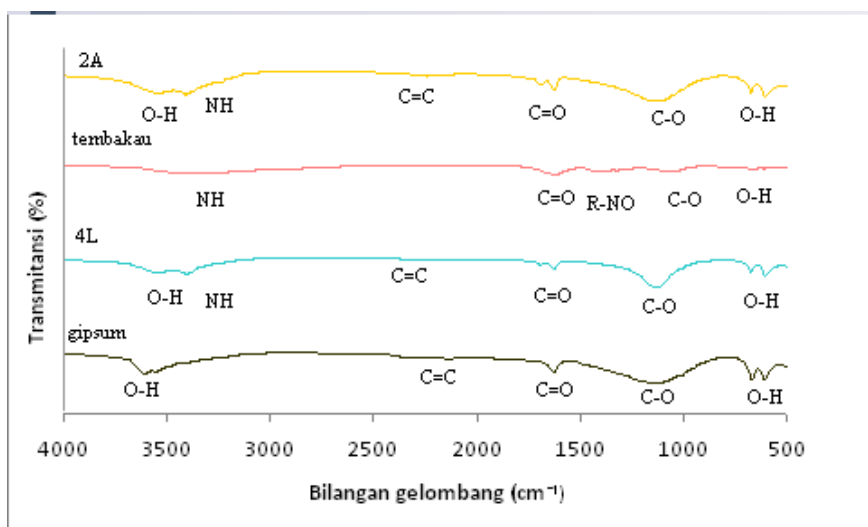
Gambar 6 (a) menunjukkan permukaan biokomposit *filler* serat kenaf, dari gambar tersebut terlihat membentuk potongan-potongan jaringan serat yang memanjang, kontinu, dan saling menumpuk atau terikat menjadi bentuk serat yang kuat. Gambar tersebut menunjukkan terdapat selulosa ($C_6H_{10}O_5$) pada serat kenaf. Pada tabel 7 terdapat kandungan karbon dengan % massa sebesar 42.03 dan % atom sebesar 49.79, begitu juga dengan oksigen dengan % massa 56.21 dan % atom 49.98. Terdapat juga unsur lain yaitu unsur Ca.

Gambar 6 (d) menunjukkan morfologi dari tembakau, dari gambar tersebut terdapat titik putih. Titik putih ini menunjukkan terdapat adanya kandungan nikotin ($C_{10}H_{14}N_2$). Pada tabel 8 terdapat kandungan karbon dengan % massa 38.45 dan % atom sebesar 49.56 %, begitu juga dengan oksigen % massa sebesar 45.57 dan % atom sebesar 44.09. Terdapat juga unsur lain yaitu unsur Mg, Al, Si, Cl, K, dan Ca.

Komposisi dari biokomposit terdiri dari adanya campuran tepung gipsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), serat kenaf ($C_6H_{10}O_5$), PVA, dan tembakau ($C_{10}H_{14}N_2$). Kandungan dari bahan-bahan tersebut dapat dilihat dari tabel EDS. Pada tabel 5 menunjukkan nilai EDS dari biokomposit dengan variasi anyaman (2A). terdapat kandungan karbon dengan % massa sebesar 18.67 dan % atom sebesar 29.23, kandungan oksigen dengan % massa sebesar 50.82 dan % atom sebesar 29.23, kandungan sulfida dengan % massa 5.65 dan % atom sebesar 3.32, dan kandungan kalsium dengan % massa 12.37 dan % atom sebesar 5.8. terdapat juga unsur lain yaitu unsur Mo. Unsur kandungan yang terdapat pada biokomposit 2A sama halnya dengan pada biokomposit 4L. Pada tabel 6 menunjukkan nilai EDS dari biokomposit dengan variasi searah (4L) terdapat kandungan karbon dengan % massa sebesar 31.82 dan % atom sebesar 46.56, kandungan oksigen % massa sebesar 43.74 dan % atom sebesar 48.05, kandungan sulfida dengan % massa 3.55 dan % atom sebesar 1.95, kandungan kalium dengan % massa 0.24 dan % atom sebesar 0.11 dan kandungan kalsium dengan % massa 4.23 dan % atom sebesar 1.86. Terdapat juga unsur lain yaitu unsur K.

FTIR

Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sebagai matriks dan serat kenaf ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$) sebagai *filler* membentuk ikatan interfase pada gugus fungsi melalui serapan pada bilangan gelombang 2122 cm^{-1} dan 2231 cm^{-1} ($\text{C}=\text{C}$), gugus $\text{C}=\text{O}$ pada bilangan gelombang 1620 cm^{-1} dan 1690 cm^{-1} . Sementara itu spektra FTIR juga menunjukkan besarnya serapan gugus fungsi lainnya seperti gugus hidroksil ($\text{O}-\text{H}$) pada bilangan gelombang 671 cm^{-1} dan 3549 cm^{-1} , gugus NH pada bilangan gelombang 3248 cm^{-1} dan 3402 cm^{-1} , gugus $\text{R}-\text{NO}_2$ pada bilangan gelombang 1381 cm^{-1} , dan gugus $\text{C}-\text{O}$ pada bilangan gelombang 1065 cm^{-1} dan 1103 cm^{-1} . Munculnya gugus fungsi $\text{O}-\text{H}$ pada biokomposit ini menunjukkan bahwa masih terkandung H_2O .



Gambar 7 FTIR biokomposit papan gipsum plafon.

Massa Jenis

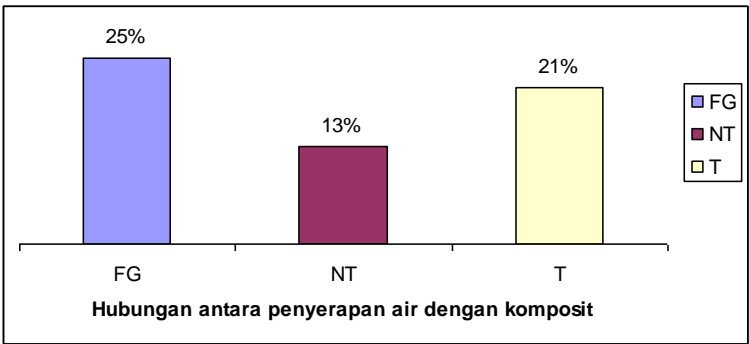
Biokomposit yang diukur massa jenisnya merupakan bahan yang memiliki kekuatan mekanik terbaik yaitu biokomposit 2A dan biokomposit 4L yang kemudian dibandingkan dengan komposit *fiber glass*. Hasil pengujian menunjukkan besarnya nilai diperoleh massa jenis pada biokomposit 2A sebesar 1.6 g cm^{-3} , sedangkan biokomposit 4L memiliki nilai massa jenis sebesar 1.7 g cm^{-3} dan pada komposit *fiber glass* nilai massa jenisnya sebesar 1.98 g cm^{-3} . Hasil pengujian densitas tersebut menunjukkan bahwa densitas dari serat alam lebih kecil daripada serat sintetis sehingga untuk volume yang sama massa dari serat alam lebih ringan daripada serat sintetis.

Penyerapan air dan pengembangan tebal

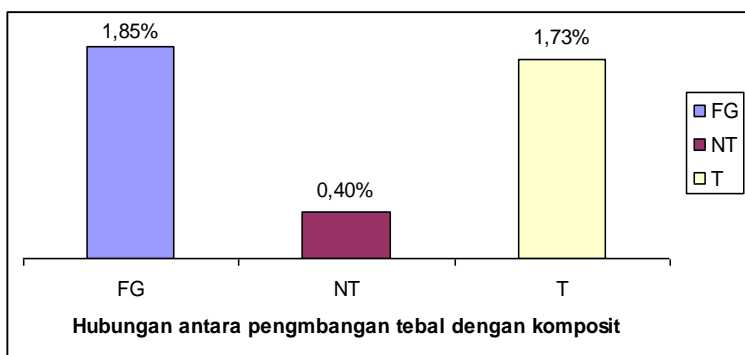
Hasil pengujian penyerapan air selama dua hari menunjukkan bahwa daya serap papan gipsum tertinggi diperoleh dari komposit *fiber glass* sebesar 25 %, pada biokomposit dengan penambahan tembakau sebesar 21 % dan terendah pada biokomposit tanpa penambahan tembakau sebesar 13 %. Daya serap air papan gipsum

setelah direndam selama dua hari dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa gipsum komposisi tidak berpengaruh terhadap penyerapan air papan gipsum. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan air gypsum adalah adanya saluran kapiler yang menghubungkan antar ruang kosong, volume ruang kosong di antara partikel, luas permukaan partikel yang tidak dapat perekat ditutupi.¹⁸ Kerapatan papan gypsum yang tinggi menyebabkan volume ruang antar partikel semakin kecil, sehingga penyerapan air lebih rendah dari papan yang memiliki kerapatan rendah.

Nilai pengembangan tebal papan gipsum setelah direndam dua hari dapat dilihat pada Gambar 9. Nilai tertinggi pengembangan tebal terdapat pada komposit *fiber glass* sebesar 1.85 %. Pada biokomposit dengan penambahan tembakau sebesar 1.73 % dan nilai terendah terdapat pada biokomposit tanpa penambahan tembakau sebesar 0.4 %. Hal ini disebabkan keadaan sampel pada biokomposit dengan penambahan tembakau kurang merekat sempurna. Faktor komposisi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pengembangan tebal. Variabel yang paling penting dengan pengembangan tebal adalah penyerapan air. Semakin tinggi penyerapan air maka akan disertai dengan pengembangan tebal. Hal ini disebabkan karena air yang diserap papan gipsum akan mempengaruhi pengembangan volume masing-masing partikel dan menyebabkan pembebasan tekanan dari papan yang diberikan pada proses pengempaan pada waktu pembentukan lembaran. Melemahnya ikatan antar partikel pada dasarnya dipengaruhi oleh besarnya nisbah kempa, keteguhan rekat awal sebelum terjadinya peningkatan kadar air dan besarnya penurunan keteguhan rekat antar partikel akibat meningkatnya kadar air.¹⁴ Menurut Djalal¹⁸ papan gipsum yang telah mengalami pemuaihan akibat pembebasan tekanan tidak dapat kembali pada keadaan semula meskipun kadar air papan tersebut kembali pada keadaan sebelum terjadinya pemuaihan. Pengembangan tebal yang terjadi akan melemahkan ikatan antar individu partikel sehingga kekuatan mekaniknya menjadi lemah.



Gambar 8 Hasil pengujian penyerapan air.



Gambar 9 Hasil pengujian pengembangan tebal.

SIMPULAN

Konsetrasi *fiber* optimum biokomposit papan gipsum plafon terdapat pada *filler* anyaman dengan komposisi serat kenaf 10 %, matriks gipsum 88 %, PVA dan tembakau 1 % dengan karakterisasi hardness, impact dan energi serap untuk biokomposit lebih besar daripada komposit FG.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nikmatin S,et all. 2012. Karakterisasi Selulosa Kulit Rotan sebagai Material Pengganti *Fiber Glass* pada Komposit. Jurnal Kajian Teknik Pasca Panen dan Proses Hasil Pertanian:368-374.
2. Nikmatin S. 2012. Bionanokomposit *filler* nanopartikel serat kulit kenaf sebagai material pengganti komposit sintetis fiber glass pada komponen kendaraan bermotor [disertasi]. Institut Pertanian Bogor : Bogor
3. Liu A. 2004. Making Pulp and Paper from Kenaf. Agriculture Officer, International Jute Organization (IJO). <http://www.chinaconsultinginc.com/paperpulp.html>. [1 Februari 2013].
4. [Balittas]. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat. 1996. Kenaf : Buku 1, Malamg : Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat.
5. Setiawan Maail R. 2006. Papan Semen-Gipsum dari *Core-Kenaf (Hibiscus cannabinus L.)* Menggunakan Teknologi Pengerasan Autocalve [disertasi]. Institut Pertanian Bogor : Bogor
6. Rudihariawan. 2000. Sifat Fisik dan Mekanik Papan Gipsum dari Tandan Kosong dan Sabut Kelapa Sawit [skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor

7. [Balittas]. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat. 2011. Tembakau : Buku 1, Malang : Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat.
8. Sinaga, Salon. 2009. Pembuatan Papan Gypsum Plafon dengan bahan Pengisi Padat Pabrik Kertas Rokok dan Perekat Polivinil Alkohol[tesis]. Universitas Sumatera Utara : Medan
9. Van Soest, P. J. & Robertson, J. B. (1980) Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of Analytical Methodology in Feeds (Pigden, W. J., Balch, C. C. & Graham, M., eds.), pp. 49–60. International Research Development Center, Ottawa, Canada.
10. Hernawati. 2012. Teknik analisis nutrisi pakan, pencernaan pakan dan evaluasi energi pada ternak. Universitas Pendidikan Indonesia : Bandung
11. Arif D. 2008. Analisis pengaruh ukuran. [skripsi]. Universitas Indonesia : Jakarta.
12. Tim Laboratorium. 1998. Pengetahuan bahan makanan ternak. CV Nutri Sejahtera : Bogor.
13. Nursiam I. 2012. Pendugaan kadar Neutral Detergent Fiber dan Acid Detergent Fiber pada pakan berdasarkan hasil analisa proksimat. [skripsi]. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
14. Kollman, F. F. P., Kuenzi, E., dan A. J. Stamm. 1975. Principles of Wood Science and Technology II Wood Based Materials. Springer-Verlag Berlin Heidelberg : New York.
15. Rudihariawan. 2000. Sifat Fisik dan Mekanik Papan Gypsum dari Tandan Kosong dan Sabut Kelapa Sawit [skripsi]. Institut Pertanian Bogor : Bogor.
16. Ardhila. 2011. Pengujian impak dan fenomena. [Terhubung Berkala]. http://www..slideshare.net/pengujian_impak_dan_fenomena. [18 September 2013]
17. Ibrahim NA, Wan M, Maizathulnisa O, Khalina A, Kamarul. Poly(Lactic Acid) (PLA)-reinforced kenaf bast fiber composites : the effect of triacetin. Journal of reinforced plastics and composites. 2009;0:10.1177.
18. Monariqsa, D, dkk. 2012. Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron Linn*) dan Kayu Serbuk Industri Meubel. *J penelitian sains* 3(C) : 15320-98.